

## 問 1

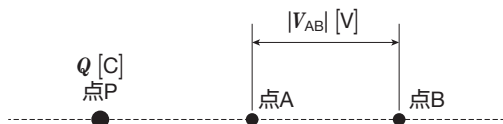
Check!   

(令和元年 問題 1)

図のように、真空中に点 P, 点 A, 点 B が直線上に配置されている。点 P は  $Q$  [C] の点電荷を置いた点とし、A-B 間に生じる電位差の絶対値を  $|V_{AB}|$  [V] とする。次の(a)~(d)の四つの実験を個別に行ったとき、 $|V_{AB}|$  [V] の値が最小となるものと最大となるものの実験の組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

[実験内容]

- (a) P-A 間の距離を 2 m, A-B 間の距離を 1 m とした。  
 (b) P-A 間の距離を 1 m, A-B 間の距離を 2 m とした。  
 (c) P-A 間の距離を 0.5 m, A-B 間の距離を 1 m とした。  
 (d) P-A 間の距離を 1 m, A-B 間の距離を 0.5 m とした。



- (1) (a)と(b)    (2) (a)と(c)    (3) (a)と(d)  
 (4) (b)と(c)    (5) (c)と(d)

**解1** **解答 (2)**

P-A間およびA-B間の距離をそれぞれ $r_{PA}$ および $r_{AB}$ とし、真空の誘電率を $\epsilon_0$  [F/m]とすると、A-B間に生じる電位差の絶対値 $|V_{AB}|$ は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} |V_{AB}| &= \left| \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_{PA}} - \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 (r_{PA} + r_{AB})} \right| = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \left| \frac{1}{r_{PA}} - \frac{1}{r_{PA} + r_{AB}} \right| \\ &= \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \frac{r_{PA} + r_{AB} - r_{PA}}{r_{PA}(r_{PA} + r_{AB})} = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \frac{r_{AB}}{r_{PA}(r_{PA} + r_{AB})} \text{ [V]} \end{aligned}$$

ここで、実験内容のときの電位は次のようになる。

(a)  $r_{PA} = 2 \text{ m}$ ,  $r_{AB} = 1 \text{ m}$

$$V_a = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{2 \times (2+1)} = \frac{1}{6} \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \text{ [V]}$$

(b)  $r_{PA} = 1 \text{ m}$ ,  $r_{AB} = 2 \text{ m}$

$$V_b = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \frac{2}{1 \times (1+2)} = \frac{2}{3} \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \text{ [V]}$$

(c)  $r_{PA} = 0.5 \text{ m}$ ,  $r_{AB} = 1 \text{ m}$

$$V_c = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{0.5 \times (0.5+1)} = \frac{4}{3} \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \text{ [V]}$$

(d)  $r_{PA} = 1 \text{ m}$ ,  $r_{AB} = 0.5 \text{ m}$

$$V_d = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \frac{0.5}{1 \times (1+0.5)} = \frac{1}{3} \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0} \text{ [V]}$$

上記の結果より、 $V_a < V_d < V_b < V_c$ であるから、 $|V_{AB}|$ の最小値は(a)、最大値は(c)となる。

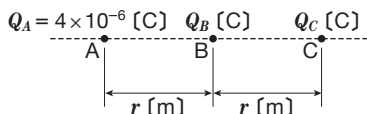
## 問2

Check!   

(平成25年 A 問題2)

図のように、真空中の直線上に間隔  $r$  [m] を隔てて、点 A, B, C があり、各点に電気量  $Q_A = 4 \times 10^{-6}$  [C],  $Q_B$  [C],  $Q_C$  [C] の点電荷を置いた。これら三つの点電荷に働く力がそれぞれ零になった。このとき、 $Q_B$  [C] 及び  $Q_C$  [C] の値の組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

ただし、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とする。



	$Q_B$	$Q_C$
(1)	$1 \times 10^{-6}$	$-4 \times 10^{-6}$
(2)	$-2 \times 10^{-6}$	$8 \times 10^{-6}$
(3)	$-1 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$
(4)	0	$-1 \times 10^{-6}$
(5)	$-4 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$

**解2** **解答 (3)**

真空中または空気中で、二つの点電荷  $Q_1$  [C] と  $Q_2$  [C] が、 $r$  [m] の距離にあるとき、両電荷には次式の力が働く。これをクーロンの法則という。

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \text{ [N]}$$

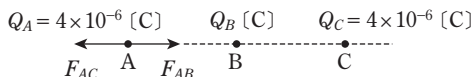
ここで、 $\epsilon_0$  は真空の誘電率で、 $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$  [F/m] の値である。

力の向きは、二つの点電荷の符号が同じときは反発力、異なるときは吸引力になる。

本問では、AB 間と BC 間の距離が等しいので、 $Q_A$  と  $Q_C$  が等しければ B 点の電荷に働く力は零になる。

したがって、

$$Q_C = 4 \times 10^{-6} \text{ [C]}$$



となる。

次に、A 点の電荷について、C 点の電荷による力  $F_{AC}$  は反発力で、その大きさは、

$$F_{AC} = \frac{Q_A Q_C}{4\pi\epsilon_0 (2r)^2} = \frac{16 \times 10^{-12}}{16\pi\epsilon_0 r^2} \text{ [N]}$$

したがって、B 点の電荷による力  $F_{AB}$  は吸引力でなければならないので、 $Q_B$  の極性は - (マイナス) である。

また、 $F_{AB}$  の大きさと  $F_{AC}$  の大きさが等しいことより、

$$\frac{16 \times 10^{-12}}{16\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{4 \times 10^{-6} \times Q_B}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$\frac{1 \times 10^{-12}}{\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{1 \times 10^{-6} \times Q_B}{\pi\epsilon_0 r^2}$$

上式より、 $Q_B$  の大きさは  $1 \times 10^{-6}$  [C] となるので、- 符号をつけて、

$$Q_B = -1 \times 10^{-6} \text{ [C]}$$